

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
1. März 2001 (01.03.2001)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 01/14831 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: G01C 19/56

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE00/02829

(22) Internationales Anmeldedatum:  
19. August 2000 (19.08.2000)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
199 39 998.0 24. August 1999 (24.08.1999) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von  
US): ROBERT BOSCH GMBH [DE/DE]; Postfach 30 02  
20, 70442 Stuttgart (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): FUNK, Karsten  
[DE/US]; Miranda 4009, Palo Alto, CA 9430 (US).  
NEUL, Reinhard [DE/DE]; Pilsener Strasse 21, 70567  
Stuttgart (DE). LORENZ, Gunar [DE/DE]; Vesouler  
Strasse 38, 70839 Gerlingen (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (national): JP, US.

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT,  
BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC,  
NL; PT, SE).

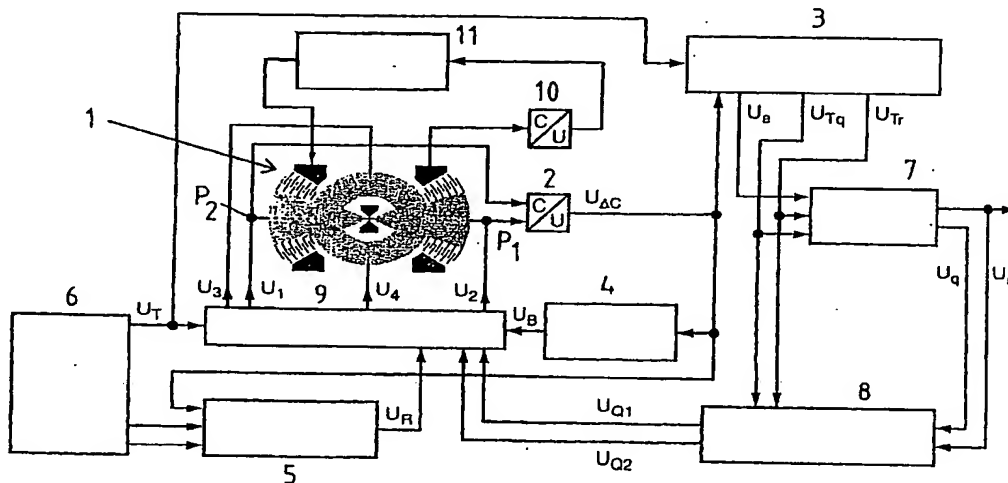
Veröffentlicht:

- Mit internationalem Recherchenbericht.
- Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden  
Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen  
eintreffen.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: DEVICE FOR BIAS POTENTIAL GENERATION FOR AN OSCILLATING ROTATION SPEED SENSOR

(54) Bezeichnung: VORRICHTUNG ZUR VORSpannungSERZEUGUNG FÜR EINEN SCHWINGENDEN DREHRATEN-  
SENSOR



(57) Abstract: The invention relates to a device for generating bias potentials for electrodes pertaining to a rotation speed sensor. Evaluation of a rotation speed signal is performed and adaptive quadrature compensator control signals are generated which are converted by a bias potential generation device to a bias potential. Said bias potentials are supplied to an electrode device located below the seismic mass or masses of the rotation speed sensor(s). The sensor structure minimizes the quadrature output signal. According to another characteristic of the invention, the bias potentials generated by the bias potential generation device are modified depending on the output signal of a broadband circuit in such a way that the amplitude frequency characteristic of the detection movement has a desired band width.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 01/14831 A1



*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Erzeugung von Vorspannungen für die Elektroden eines Drehratensensors. Durch Auswertung eines Drehratensignals und eines Quadratursignals werden unter Verwendung eines adaptiven Quadraturkompensators Steuersignale erzeugt, die mittels einer Vorspannungserzeugungsanordnung in Vorspannungen umgesetzt werden, die den Elektroden einer unterhalb der seismischen Masse oder Massen des Drehratensensors angeordneten Elektrodevorrichtung zugeführt werden. Dadurch kann die Sensorstruktur derart geneigt werden, dass das am Ausgang auftretende Quadratursignal minimiert ist. Gemäss einer weiteren Eigenschaft der Erfindung werden die mittels der Vorspannungserzeugungsanordnung erzeugten Vorspannungen in Abhängigkeit vom Ausgangssignal einer Bandbreiteneinstellungsschaltung derart modifiziert, dass der Amplitudenfrequenzgang der Detektionsbewegung eine gewünschte Bandbreite aufweist.

5

10

Vorrichtung zur Vorspannungserzeugung für einen schwin-  
genden Drehratensensor

Stand der Technik

15

Die Erfindung geht aus von einer Vorrichtung zur Vorspannungserzeugung für einen rotatorisch oder linear schwingenden Drehratensensor mit den im Oberbegriff des Anspruchs 1 angegebenen Merkmalen.

20

Drehratensensoren, die den Corioliseffekt ausnutzen, sind im Zusammenhang mit Systemen zur Fahrzeugdynamikregelung bei Kraftfahrzeugen bekannt und werden von der Anmelderin als mikromechanische Drehratensensoren am Markt angeboten.

25

Ein Drehratensensor weist eine oder mehrere seismische Massen auf, die durch eine in einer elektronischen Schaltung erzeugte Spannung zu mechanischen Schwingungen angeregt werden. Diese wirken auf einen oder mehrere Beschleunigungssensoren, die bei einer Drehung des Systems

30

die auf die schwingenden Massen wirkende Coriolis-Beschleunigung messen. Aus den Anregungs- und Beschleunigungssignalen kann mit Hilfe einer Auswerteschaltung die Drehrate des Systems bestimmt werden.

35

Ein zusätzliches elektrisches Testsignal, das auf den oder die Beschleunigungssensoren gegeben wird, kann dazu dienen,

eine zusätzliche, willkürlich erzeugte Beschleunigung auf den Sensor wirken zu lassen. Damit können beispielsweise Informationen über die Eigenschaften des Beschleunigungssensors und der nachgeschalteten Auswerteschaltung gewonnen werden. Es ist somit auch möglich, Fehler, insbesondere systematische Fehler, zu erkennen. Dies ist besonders wichtig, da den Corioliseffekt auswertende Drehratensensoren systematische Fehler aufweisen, deren Auswirkungen auf das Meßsignal durch geeignete Wahl der Auswertemethoden minimiert werden müssen.

In der DE 199 10 415 sind ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Abstimmen eines ersten Oszillators mit einem zweiten Oszillator beschrieben. Dabei werden zwei symmetrisch zu der Schwingung des zweiten Oszillators frequenz- und phasenverschobene Signale dazu verwendet, das Antwortverhalten des ersten Oszillators zu bestimmen. In Abhängigkeit der Differenz der Antwortverhalten wird eine Abstimmung des ersten Oszillators mit Bezug auf den zweiten Oszillator durchgeführt. Zur Amplitudenkorrektur erfolgt eine Quotientenbildung aus dem Ausgangssignal und der Summe der Antwortverhalten. Dieses Verfahren und die Vorrichtung können insbesondere in einem Drehratensensor zum Einsatz kommen. Sie stellen sicher, daß die Auswertebedingungen für die Corioliskraft stabil sind. Auch Temperaturveränderungen und Alterungseffekte können automatisch nachgeregelt werden, wobei mittels des Regelkreises die Schwingungen beider Oszillatoren aufeinander abgestimmt werden. Das bekannte Verfahren macht es nicht mehr nötig, den Detektionsmodus möglichst weit von der Oszillatorfrequenz zu entfernen.

Aus der DE-A-196 53 021 ist eine Vorrichtung zur Ermittlung einer Drehrate mit einem Drehratensensor bekannt, die unter anderem ein Maß für die Coriolis-Beschleunigung und damit auch für die Drehrate ist. Die Ausgangssignale des

Drehratensensors sind pulsweitenmodulierte oder Sigma-Delta-Signale. Diese werden einer digitalen Auswerteschaltung zugeführt, welche einen Subtrahierer, einen Multiplizierer und einen Phasenschieber aufweist. Letzterem  
5 wird das Trägersignal zugeführt, das den Drehratensensor zu Schwingungen anregt, wobei der digitale Phasenschieber das Trägersignal in Phase mit den Coriolis-Beschleunigungsanteilen bringt und wobei das zugehörige Signal dem Multiplizierer zugeführt wird. Dessen Ausgangs-  
10 signal wird über einen D/A-Wandler und einen Tiefpaß dem Ausgang zugeführt, an welchem das gewünschte Drehratensignal zur Verfügung steht.

#### Vorteile der Erfindung

15 Die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Vorspannungserzeugung für einen rotatorisch oder linear schwingenden Drehratensensor führt zu dem Vorteil, daß ein Auftreten eines Quadratursignals, welches die Drehratensignaler-  
20 mittlung negativ beeinflussen könnte, durch eine Erzeugung geeigneter Vorspannungssignale für die Elektrodenanordnung vermieden oder zumindest minimiert wird. Aufgrund dieser Vorspannungssignale treten auf den Drehratensensor, der beispielsweise scheibenförmig aufgebaut ist, einwirkende  
25 elektrostatische Kräfte auf. Mittels dieser wird der Drehratensensor so geneigt, daß das Quadratursignal minimiert ist. Um den Drehratensensor in eine gewünschte Richtung zu neigen, genügt es, Potentialdifferenzen zwischen den Detektionselektroden vorzugeben. Dies kann durch  
30 eine Vorgabe zweier Ausgangssignale  $U_{Q1}$  und  $U_{Q2}$  aus dem Quadraturkompensator erfolgen, wobei diese Ausgangssignale die auf die Elektroden gegebenen Vorspannungen beeinflussen. Vorzugsweise werden zur Kompensation des Quadratursignals beim rotatorischen Drehratensensor vier  
35 und beim linearen Drehratensensor mindestens 2 unter der

Sensorstruktur angeordnete Elektroden mit geeigneten Vorspannungen beaufschlagt.

5 Weitere Vorteile der erfindungsgemäßen Vorrichtung bestehen in einer Verbesserung der Meßauflösung und - da die Quadraturkomponente in adaptiver Weise unterdrückt wird - darin, daß Alterungs- und Temperaturabhängigkeiten sowie die Notwendigkeit eines Abgleichs vermieden werden.

10 Weitere Vorteile der Erfindung ergeben sich aus in den abhängigen Ansprüchen angegebenen Merkmalen.

#### Zeichnung

15 Die Erfindung wird anhand eines in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiels in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigt:

20 Figur 1 eine Skizze zur Erläuterung des Prinzips eines rotatorisch schwingenden Drehratensensors,

Figur 2 eine Skizze zur Veranschaulichung der Elektrodenstruktur unter der seismischen Masse,

25 Figur 3 ein Blockschaltbild einer Vorrichtung zur Spannungserzeugung für einen rotatorisch schwingenden Drehratensensor und

30 Figur 4 ein Diagramm zur Veranschaulichung des Amplitudenfrequenzganges der Detektionsbewegung.

#### Beschreibung

35 Die Figur 1 zeigt eine Skizze zur Erläuterung des Prinzips eines rotatorisch schwingenden Drehratensensors. Eine scheibenförmige Struktur wird in eine rotatorisch

vibrierende Schwingung um die zur Chipoberfläche senkrechte Achse z versetzt. Aufgrund des Drehimpulserhaltungssatzes reagiert diese Struktur auf eine von außen aufgebrachte Drehgeschwindigkeit (Drehrate) um die Achse y mit einem  
5 Drehmoment, das die scheibenförmige Struktur um eine Achse x senkrecht zur Antriebbewegungsachse z und senkrecht zur Drehratenachse y verkippt. Diese Detektionsbewegung um die Achse x wird mit Hilfe von Elektroden, die sich unterhalb der Struktur auf dem Substrat befinden, elektrostatisch  
10 über Kapazitätsänderungen detektiert. Diese Anordnung geht aus der Figur 2 hervor, welche eine Skizze zur Veranschaulichung der Elektrodenstruktur E unter der seismischen Masse M des Sensors zeigt.

15 Das erhaltene Meßsignal wird einem Kapazitäts-Spannungswandler zugeführt, an dem ein Signal auftritt, das der Drehgeschwindigkeit der Antriebsbewegung multipliziert mit der zu messenden Drehrate entspricht. Nachrichtentechnisch betrachtet handelt es sich um ein zweiseiten-  
20 bandamplitudenmoduliertes Signal ohne Träger. Mittels einer nachfolgenden Signalverarbeitung erhält man durch eine Synchrondemodulation und eine Tiefpaßfilterung das gewünschte Drehratensignal.

25 Bei realen Drehratensensoren tritt an den Detektionskapazitäten jedoch nicht nur das genannte drehratenproportionale Signal auf, das einer Anregung der Detektionsbewegung in Phase mit der Drehgeschwindigkeit der Antriebsbewegung entspricht, sondern auch ein Signal, das die De-  
30 tektionsbewegung in Phase mit der Amplitude bzw. der Beschleunigung der Antriebsbewegung anregt. Es handelt sich dabei um ein Störsignal, das unabhängig von der zu messenden Drehrate vorhanden ist und das geeignet ist, die Drehratensignalauswertung negativ zu beeinflussen. So  
35 verschlechtert es beispielsweise die erreichbare Meßauflösung. Dieses Störsignal ist zum Meßsignal um  $90^\circ$  pha-

senverschoben. Es steht also im elektrischen Zeigerdiagramm senkrecht auf dem Meßsignal und wird daher als Quadratursignal bezeichnet.

- 5 Die Gründe für das Auftreten eines Quadratursignals sind im wesentlichen Imperfektionen, die bei der Fertigung des mikromechanischen Sensorelements auftreten.

10 Gemäß der vorliegenden Erfindung wird das genannte Quadratursignal bereits in der Sensormechanik kompensiert. Dazu werden unter Verwendung eines digitalen adaptiven Algorithmus in geeigneter Weise elektrostatische Kräfte auf die scheibenförmige Sensorstruktur ausgeübt, so daß ein Quadratursignal erst gar nicht auftritt bzw. es zumindest  
15 minimiert wird. Dadurch werden in vorteilhafter Weise auch die angesprochenen unerwünschten Einflüsse des Quadratursignals auf die Signalauswertung vermieden.

Mittels dieser Signalauswertung wird das amplitudenmodulierte, drehratenproportionale Signal, das aus dem Kapazitäts-Spannungs-Wandler kommt, aus diversen Störsignalen herausgefiltert. Störsignale können beispielsweise Rauschen der Mechanik und der Elektronik sein, können aber auch durch Störbeschleunigungen verursacht werden. Aus diesen  
20 Gründen und aus Gründen der Empfindlichkeitssteigerung ist es vorteilhaft, bei der Detektionsbewegung die Resonanz der mechanischen Struktur um die Detektionsachse auszunutzen.

Bei mechanischen Strukturen wie dem DRS-MM2 der Anmelderin  
30 liegen aber die Antriebsresonanz und die Detektionsresonanz nicht notwendigerweise aufeinander und streuen außerdem mit den Fertigungstoleranzen. Daher benötigt man eine Detektionsresonanzregelung, die die Detektionsresonanzfrequenz auf die Antriebsresonanzfrequenz zwingt. Ein  
35 derartiger Resonanzregler ist in der bereits oben erwähnten DE 199 10 415 beschrieben.



- Ein Problem, das dabei auftritt, ist die Bandbreite der Resonanzüberhöhung der Detektionsbewegung. Bei Strukturen wie dem DRS-MM2 beträgt diese Bandbreite aufgrund der entsprechenden Güte der Detektionsresonanz nur einige Hz. 5 Damit würde sich eine Bandbreite der gesamten Drehratenmessung von ebenfalls einigen Hz ergeben. Das wäre viel zu wenig, verglichen mit den 50 bis 100 Hz, die in den Spezifikationen üblicherweise gefordert werden. Man könnte 10 zwar den Gasdruck erhöhen, der die Struktur umgibt und damit die Resonanz soweit dämpfen, bis die Resonanzüberhöhung eine passende Bandbreite besitzt. Man würde damit aber gleichzeitig das mechanische Rauschen vergrößern und die Antriebsresonanz bedämpfen, so daß man eine 15 geringere Meßauflösung und höhere erforderliche Antriebsspannungen hätte. Gleichzeitig würde man die Temperaturabhängigkeit der Meßempfindlichkeit vergrößern. Alle diese Auswirkungen sind höchst unerwünscht.
- 20 Den gleichen Effekt einer passenden Bedämpfung der Detektionsresonanz kann man aber auch mittels einer elektronischen Bandbreiteneinstellung erzielen. Gleichzeitig ergeben sich dadurch auch Vorteile bezüglich der Temperaturabhängigkeit der Resonanzüberhöhung der Detektionsbewegung und damit der Sensorempfindlichkeit. 25

Die Figur 3 zeigt ein Blockschaltbild einer Vorrichtung zur Vorspannungserzeugung für einen rotatorisch schwingenden Drehratensensor, die sinngemäß auch bei einem linear 30 schwingenden Drehratensensor anwendbar ist.

Die vom Drehratensensor 1 erzeugten, an den Schaltungspunkten  $P_1$  und  $P_2$  anliegenden Meßsignale, welche vorzugsweise Kapazitätsmeßsignale sind, werden einem Kapazitäts-Spannungs-Wandler 2 zugeführt. Dieser stellt an seinem 35 Ausgang ein Signal  $U_{\Delta c}$  zur Verfügung, welches der Drehge-

schwindigkeit der Antriebsbewegung multipliziert mit der zu messenden Drehrate entspricht.

Dieses wird einem adaptiven Phasenkompensator 3, einer  
5 Bandbreiteneinstellungsschaltung 4 und einem Resonanzregler 5 zugeführt.

Der adaptive Phasenkompensator 3 hat die Aufgabe, das in einem Testsignalgenerator 6 erzeugte Signal  $U_T$ , das den  
10 Drehratensensor zu Schwingungen anregt, in Phase mit den im Ausgangssignal des Kapazitäts-Spannungs-Wandlers 2 enthaltenen Coriolis-Beschleunigungsanteilen zu bringen. Dies kann beispielsweise so geschehen, wie es in der bereits oben genannten Patentanmeldung 196 53 021 der Anmelderin beschrieben ist. Das Ausgangssignal  $U_e$  des Phasenkompensators 3, welches nach dem LMS (least-mean-square)-Algorithmus ermittelt wird, wird dem Synchrondemodulator 7 zugeführt. Dieser erhält weiterhin Demodulationsträgersignale  $U_{Tq}$  und  $U_{Tr}$ , welche ebenfalls im adaptiven Phasenkompensator durch Auswertung des Signals  $U_T$  des  
15 Testsignalgenerators 6 und des Ausgangssignals  $U_{Ac}$  des Kapazitäts-Spannungs-Wandlers 2 erhalten werden.

Im Synchrondemodulator 7 erfolgt durch Multiplikation und  
25 anschließende Tiefpaßfilterung aus dem Signal  $U_e$  und den Demodulationsträgern  $U_{Tq}$  und  $U_{Tr}$  eine Ermittlung des gewünschten Drehratensignals  $U_r$  und eines Quadratursignals  $U_q$ .

30 Aus dem Drehratensignal  $U_r$  und dem Quadratursignal  $U_q$  werden mittels des adaptiven Quadraturkompensators 8, welchem weiterhin die im adaptiven Phasenkompensator 3 ermittelten Demodulationsträgersignale  $U_{Tq}$  und  $U_{Tr}$  zugeführt werden, Steuersignale  $U_{Q1}$  und  $U_{Q2}$  ermittelt, die der  
35 Vorspannungserzeugungsanordnung 9 zugeleitet werden. Diese Steuersignale  $U_{Q1}$  und  $U_{Q2}$  werden im Sinne eines digitalen

adaptiven Algorithmus zum Beaufschlagen der Detektionselektroden des Drehratensensors mit Gleichspannungspegeln verwendet. Diese werden durch den adaptiven Algorithmus solange verändert, bis das entstehende Quadratursignal  $U_q$  minimal wird bzw. völlig verschwindet. Hierzu können verschiedene Algorithmen eingesetzt werden, beispielsweise der Optimierungsalgorithmus nach der Methode des steilsten Abstiegs.

Bei dieser Methode werden kleine Spannungsänderungen abwechselnd über  $U_{Q1}$  und  $U_{Q2}$  auf die Elektroden gegeben und die Reaktion des Quadratursignals darauf ausgewertet. Sinkt die Quadratur, so werden weiter gleichartige Spannungsänderungen auf die Ausgangssignale gegeben. Steigt die Quadratur, werden Spannungsänderungen entgegengesetzter Polarität verwendet. Gleichzeitig wird die Größe der Spannungsänderung gemäß dem Betrag der verbleibenden Quadratur angepaßt. Auf diese Art gelangt man zu einem Minimum der Quadratur, im Idealfall verschwindet sie ganz.

Der Vorspannungserzeugungsanordnung 9 werden außer den bereits genannten Steuerspannungen  $U_{Q1}$  und  $U_{Q2}$  weitere Eingangssignale  $U_T$ ,  $U_R$  und  $U_B$  zugeführt.

Das Signal  $U_T$  wird im Testsignalgenerator 6 generiert. Dieser verwendet beispielsweise eine Frequenz  $f_t$ , die 100 Hz beträgt, und erzeugt daraus ein Testsignal  $U_T$  mit Frequenzkomponenten bei  $f_s + f_t$  und  $f_s - f_t$ , wobei  $f_s$  die Eigenfrequenz eines Schwingkörpers beschreibt. Dieses Testsignal gelangt über die Vorspannungserzeugungsanordnung 9 an den Drehratensensor 1 und auch direkt - wie bereits oben ausgeführt wurde - an den adaptiven Phasenkompensator 3. Weiterhin wird das Signal  $U_T$  auch in Form seiner Einzelkomponenten dem Resonanzregler 5 zugeführt.

Der Resonanzregler 5 ermittelt unter Verwendung dieser Einzelkomponenten des Signals  $U_T$  und des Ausgangssignals  $U_{Ac}$  des Kapazitäts-Spannungs-Wandlers 2 eine Steuerspannung  $U_R$ , die am Ausgang des Resonanzreglers 5 zur Verfügung gestellt und der Vorspannungserzeugungsanordnung 9 zugeführt wird.

Ein Beispiel für einen derartigen Resonanzregler ist der bereits oben genannten DE 199 10 415 der Anmelderin entnehmbar. Die ermittelte Steuerspannung  $U_R$  wird allen vier Elektroden als gemeinsame Vorspannung zugeführt. Dadurch wird die effektive Federsteifigkeit der Detektionsbewegung des Sensorelementes so weit verringert, bis die Arbeitsfrequenz des Sensorelementes und die Resonanzfrequenz der Detektionsbewegung übereinstimmen. Die Verwendung eines derartigen Resonanzreglers hat den Vorteil, daß es nicht mehr notwendig ist, den Detektionsmodus möglichst weit von der Oszillatorfrequenz entfernt vorzusehen. Ein durch die Resonanzüberhöhung verursachter Amplitudenfehler tritt nicht mehr auf, da der eingeschwungene Zustand durch permanente Resonanzregelung stabil beibehalten wird.

Das Signal  $U_B$  wird in der Bandbreiteneinstellungsschaltung 4 erzeugt, welcher eingangsseitig das Ausgangssignal  $U_{Ac}$  des Kapazitäts-Spannungs-Wandlers 2 zugeführt wird. Folglich wird zur elektronischen Bandbreiteneinstellung der Detektionsbewegung des Sensorelementes eine geeignete Gegenkopplung des Signals  $U_{Ac}$  über den Ausgang der Bandbreiteneinstellung  $U_B$  und die Vorspannungserzeugung auf das Sensorelement durchgeführt. Dazu wird eine Art Lageregler verwendet, der einen um  $90^\circ$  phasenverschobenen Anteil besitzt. Zu diesem Zweck kommen beispielsweise  $DT_1$ -,  $PDT_1$ - und  $PIDT_1$ -Regler in Frage. Diese Regler werden aber nicht wie übliche Lageregler betrieben, weil diese die Übertragungsfunktion der Detektionsbewegung ungeeignet verändern würden. Vielmehr plazierte man im Gegensatz zum sonst üblichen Lageregler den Regler im Rückwärtszweig der

Regelschleife und es wird nur eine ganz bestimmte, vergleichsweise kleine Kreisverstärkung eingestellt, die die Resonanzpole in der s-Ebene gerade soweit von der imaginären Achse entfernen, daß sich die gewünschte Bandbreite der Resonanz der Detektionsbewegung ergibt.

Die Figur 4 zeigt den Amplitudenfrequenzgang der Detektionsbewegung ohne (--) und mit (-) Bandbreiteneinstellung. Der Amplitudengang ist auf die Verstärkung bei der Frequenz 0 bezogen. Das Lehrsche Dämpfungsmaß der Detektionsbewegung ist zu  $D = 0,01$  angenommen, die Arbeitsfrequenz ist beispielsweise 2 KHz. Es wurde ein  $DT_1$ -Regler eingesetzt. Um so größer die ursprüngliche Güte der Detektionsresonanz des Sensorelementes ist, desto unabhängiger wird die verbleibende Güte des Sensorelementes mit Bandbreiteneinstellung und damit die Bandbreite und die Meßempfindlichkeit des Gesamtsensors von Veränderungen der ursprünglichen Güte des Sensorelementes durch Temperatur, Alterung und Gasdruck.

Weitere Vorteile einer derartigen elektronischen Bandbreiteneinstellung bestehen darin, daß Schwankungen der Güte der Detektionsbewegung des Sensorelementes durch Fertigungstoleranzen, Alterung und Temperatur gedämpft werden. Ferner ist eine derartige elektronische Bandbreiteneinstellung einfacher realisierbar als eine mechanische Güteeinstellung, beispielsweise über den Gasdruck. Auch ist die Temperaturabhängigkeit der Meßempfindlichkeit des Gesamtsensors stark herabgesetzt.

Die Vorspannungserzeugungsschaltung 9 erzeugt unter Verwendung der ihr zugeführten Signale vier Vorspannungen  $U_1$ ,  $U_2$ ,  $U_3$  und  $U_4$  für die unterhalb der seismischen Masse des Drehratensensors angeordneten vier Elektroden. Dies geschieht nach den folgenden Beziehungen:

$$U_1 = U_B + U_{Q1} + U_T + U_R$$

$$U_2 = - U_B - U_{Q1} - U_T + U_R$$

$$U_3 = U_{Q2} + U_R$$

$$U_4 = - U_{Q2} + U_R.$$

5

Auch ein BITE-Signal kann an dieser Stelle eingespeist werden. Linear schwingende Drehratensensoren, die nur 2 Elektroden verwenden, benutzen nur die Spannungen  $U_1$  und  $U_2$ .

10

Mittels der Amplitudenstabilisierungsschaltung 11, der über einen Kapazitäts-Spannungs-Wandler 10 ein vom Drehratensensor 1 abgeleitetes Eingangssignal zugeführt wird, wird ein Ausgangssignal erzeugt, aufgrund dessen der Sensor in eine Drehschwingung mit konstanter Amplitude um die aus der obigen Figur 1 ersichtliche z-Achse versetzt wird. Die Erzeugung dieses Ausgangssignals erfolgt mittels einer Schwingschaltung mit Amplitudenregelung. Dies führt dazu, daß das Sensorelement mit seiner Eigenfrequenz  $f_s$  um die z-Achse schwingt.

25

30

5

## 10 Ansprüche

1. Vorrichtung zur Vorspannungserzeugung für einen rotatorisch oder linear schwingenden Drehratensensor, welcher ausgangsseitig mindestens ein Meßsignal zur Verfügung  
15 stellt, aus welchem mittels einer an den Drehratensensor angeschlossenen Auswerteschaltung ein Drehratensignal ermittelt wird, und welcher eine Elektrodenanordnung mit mindestens zwei Elektroden aufweist, die mit einer Vorspannungserzeugungsanordnung verbunden sind, dadurch  
20 gekennzeichnet, daß sie einen adaptiven Quadraturkompensator (8) aufweist, der eingangsseitig mit der Auswerteschaltung (2, 3, 7) und ausgangsseitig mit der Vorspannungserzeugungsanordnung (9) verbunden ist.
- 25 2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Meßsignal ein Kapazitätsmeßsignal ist und die Auswerteschaltung einen Kapazitäts-/Spannungs-Wandler (2) aufweist.
- 30 3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerteschaltung einen adaptiven Phasenkompensator (3) und einen Synchrondemodulator (7) aufweist.
- 35 4. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der adaptive Pha-

senkompensator (3) Ausgänge für ein phasenverschobenes Meßsignal ( $U_e$ ) und Demodulationsträgersignale ( $U_{Tq}$ ,  $U_{Tr}$ ) aufweist.

5 5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Demodulationsträgersignale dem adaptiven Quadraturkompensator (8) zugeführt werden.

10 6. Vorrichtung nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Synchrondemodulator (7) Eingangsanschlüsse für die Ausgangssignale des adaptiven Phasenkompensators (3) sowie zwei Ausgänge aufweist, wobei am ersten dieser Ausgänge das Drehratensignal ( $U_r$ ) und am zweiten dieser Ausgänge ein Quadratursignal ( $U_q$ ) abgreifbar  
15 ist.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der adaptive Quadraturkompensator (8) einen Eingang für das Drehratensignal ( $U_r$ ) und einen Eingang für das Quadratursignal ( $U_q$ ) aufweist.  
20

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der adaptive Quadraturkompensator (8) aus seinen Eingangssignalen mittels eines digitalen, adaptiven Algorithmus mindestens zwei Steuersignale ( $U_{Q1}$ ,  $U_{Q2}$ ) für die  
25 Vorspannungserzeugungsanordnung (9) generiert.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der adaptive Quadraturkompensator (8)  
30 mindestens zwei Ausgänge aufweist, an denen er unterschiedliche Steuersignale ( $U_{Q1}$ ,  $U_{Q2}$ ) für die Vorspannungserzeugungsanordnung (9) zur Verfügung stellt.

10. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
35 dadurch gekennzeichnet, daß sie einen Resonanzregler (5) aufweist, der ausgangsseitig mit der Vorspan-



nungserzeugungsanordnung (9) verbunden ist und zur Erzeugung eines Resonanzregelsignals ( $U_R$ ) dient.

11. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
5 dadurch gekennzeichnet, daß das Ausgangssignal des Kapazitäts-Spannungs-Wandlers (2) einer Bandbreiteneinstellungsschaltung (4) zugeführt wird, die ausgangsseitig mit der Vorspannungserzeugungsanordnung (9) verbunden ist und zur Erzeugung eines Bandbreiteneinstellungs-  
10 Steuersignals ( $U_B$ ) vorgesehen ist.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Bandbreiteneinstellungsschaltung (4) einen Lageregler mit einem um  $90^\circ$  phasenverschobenen Anteil  
15 aufweist, der im Rückwärtszweig einer Regelschleife angeordnet ist.

13. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Kreisverstärkung des Lagereglers  
20 derart eingestellt ist, daß eine vorgegebene Bandbreite bzw. Güte der Resonanz der Detektionsbewegung erzielt wird.

14. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Elektrodenanordnung zwei bzw. vier  
25 Elektroden aufweist und die Vorspannungserzeugungsanordnung Vorspannungen für die Elektroden nach folgenden Beziehungen erzeugt:

$$U_1 = U_B + U_{Q1} + U_T + U_R$$

$$U_2 = - U_B - U_{Q1} - U_T + U_R$$

30  $U_3 = U_{Q2} + U_R$

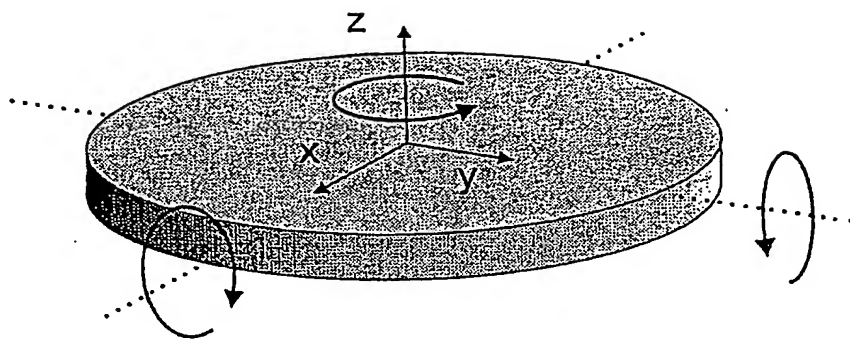
$$U_4 = - U_{Q2} + U_R,$$

wobei im Fall von zwei Elektroden die Spannungen  $U_1$  und  $U_2$  verwendet werden und

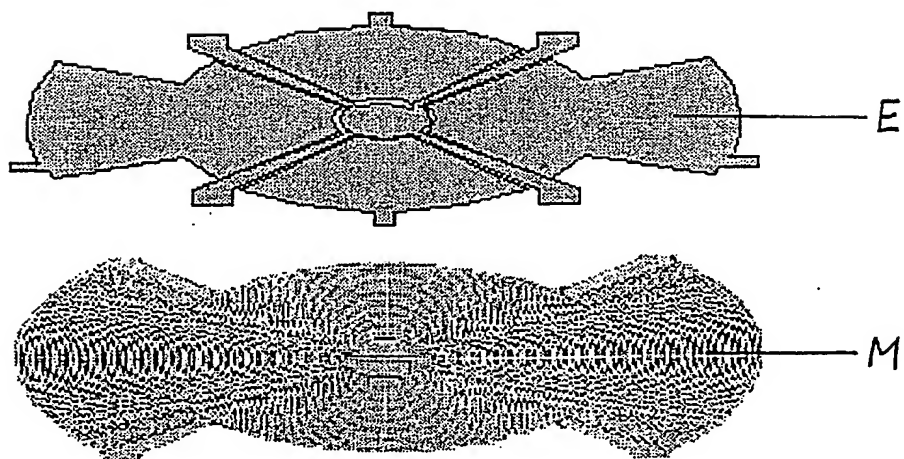
wobei  $U_T$  ein mittels eines Testgenerators (6) erzeugtes Testsignal,  $U_R$  das Ausgangssignal des Resonanzreglers (5),  $U_B$  das Ausgangssignal der Bandbreiteneinstellungsschaltung (4) und  $U_{Q1}$  und  $U_{Q2}$  die Ausgangssignale des adaptiven

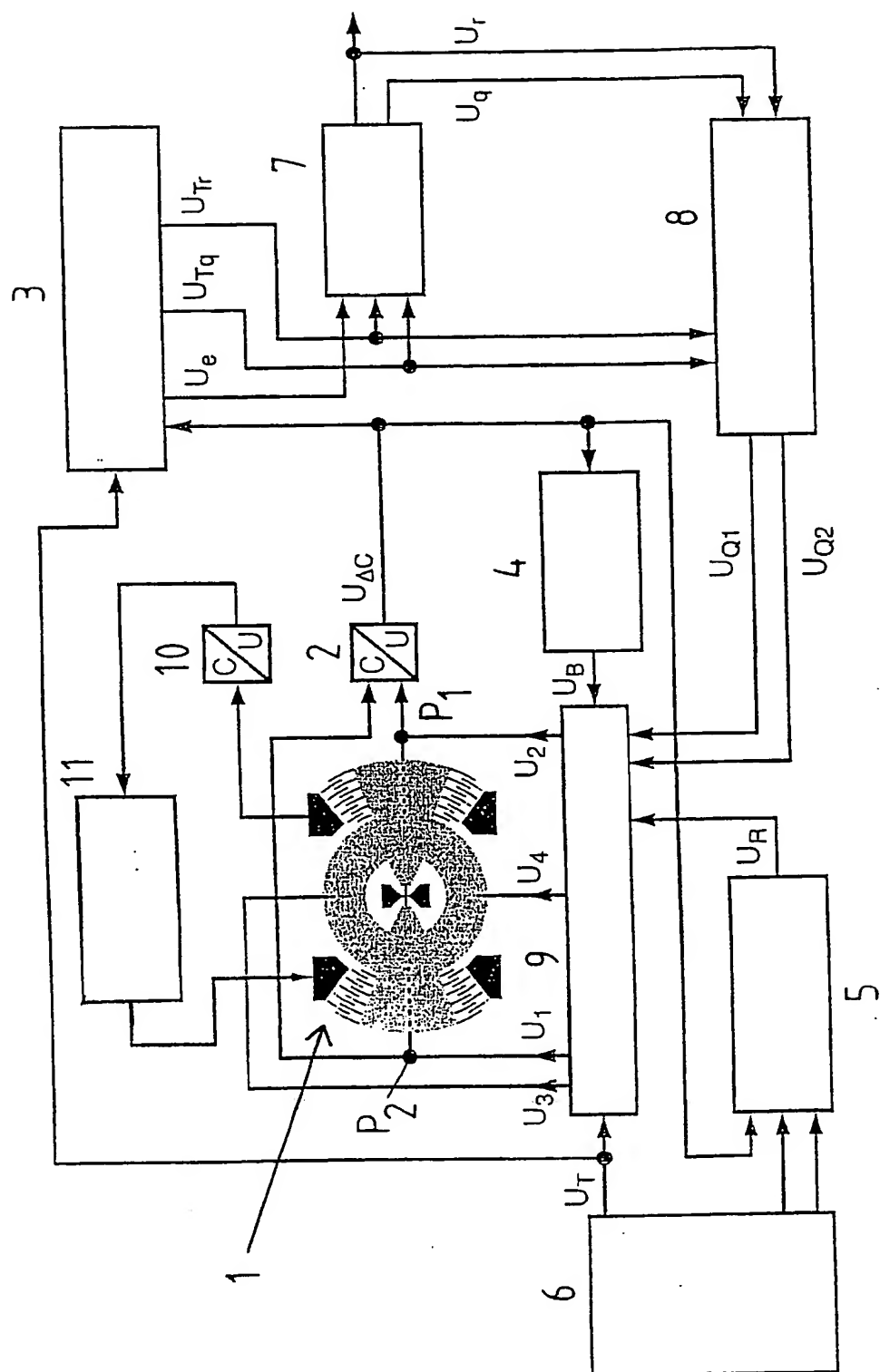
5    Quadraturkompensators (8) sind.

FIGUR 1

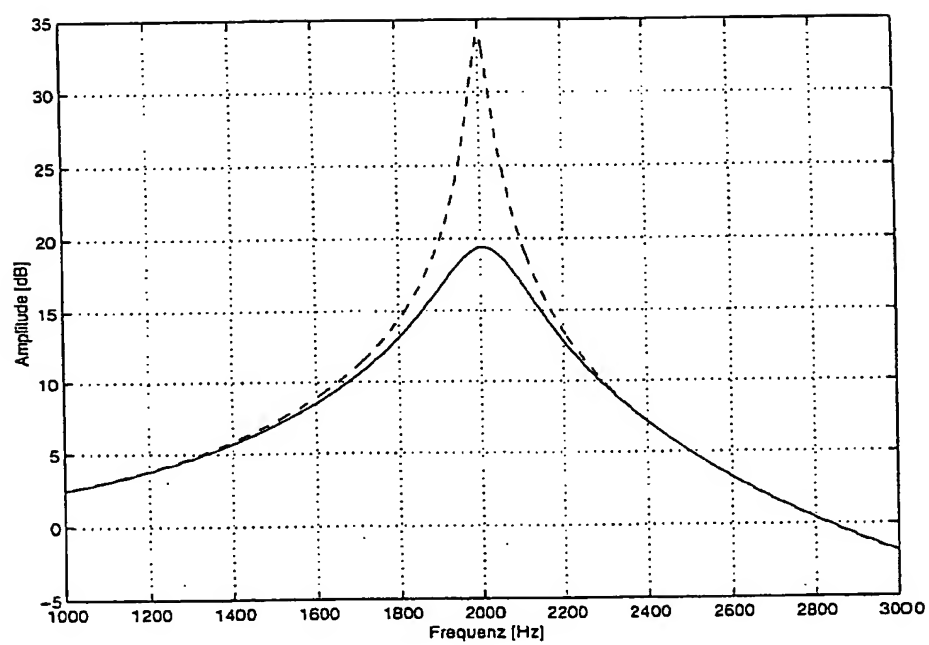


FIGUR 2





FIGUR 4



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/DE 00/02829

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 7 G01C19/56

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 G01C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 481 914 A (WARD PAUL) 9 January 1996 (1996-01-09) column 5, line 10 -column 8, line 54 column 14, line 21 -column 16, line 59; figures 2,5,6,12	1-3
X	US 4 951 508 A (LOPER JR EDWARD J ET AL) 28 August 1990 (1990-08-28) column 5, line 67 -column 7, line 51 column 9, line 55 - line 61; figures 8,9D,9E	1,3
X	EP 0 298 651 A (THORN EMI ELECTRONICS LTD) 11 January 1989 (1989-01-11) column 3, line 29 -column 4, line 27; figure 3	1,3
	--- -/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \* & \* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

19 January 2001

Date of mailing of the international search report

02/02/2001

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Springer, O

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Internal Application No  
PCT/DE 00/02829

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 796 002 A (LAYTON MICHAEL R) 18 August 1998 (1998-08-18) column 4, line 3 -column 9, line 17; figures 2,4,5 ---	1
A	US 5 691 472 A (PETRI FRED J) 25 November 1997 (1997-11-25) column 4, line 65 -column 8, line 57; figures 11,12 ---	1,3
A	WO 97 45699 A (UNIV CALIFORNIA) 4 December 1997 (1997-12-04) page 14, line 10 -page 15, line 6 page 18, line 11 -page 23, line 25 page 29, line 13 -page 45, line 20; figures 2,7A-C,9,13,14,15,17A -----	1-3

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

information on patent family members

International Application No

PCT/DE 00/02829

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5481914 A	09-01-1996	US 5703292 A	30-12-1997
		US 5600064 A	04-02-1997
		US 5672949 A	30-09-1997
		US 5604309 A	18-02-1997
		US 5608351 A	04-03-1997
US 4951508 A	28-08-1990	CA 1250458 A	28-02-1989
		DE 3472159 D	21-07-1988
		EP 0141621 A	15-05-1985
		JP 1808273 C	10-12-1993
		JP 5018044 B	10-03-1993
		JP 60166818 A	30-08-1985
EP 0298651 A	11-01-1989	JP 1031015 A	01-02-1989
		JP 2644833 B	25-08-1997
		US 4898032 A	06-02-1990
US 5796002 A	18-08-1998	US 6003373 A	21-12-1999
US 5691472 A	25-11-1997	GB 2301670 A, B	11-12-1996
WO 9745699 A	04-12-1997	US 5992233 A	30-11-1999
		AU 3474497 A	05-01-1998
		EP 0902876 A	24-03-1999
		US 6067858 A	30-05-2000



# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 00/02829

<b>A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES</b> IPK 7 G01C19/56		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK		
<b>B. RECHERCHIERTE GEBIETE</b> Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) IPK 7 G01C		
Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, PAJ, WPI Data		
<b>C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN</b>		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 5 481 914 A (WARD PAUL) 9. Januar 1996 (1996-01-09) Spalte 5, Zeile 10 -Spalte 8, Zeile 54 Spalte 14, Zeile 21 -Spalte 16, Zeile 59; Abbildungen 2,5,6,12	1-3
X	US 4 951 508 A (LOPER JR EDWARD J ET AL) 28. August 1990 (1990-08-28) Spalte 5, Zeile 67 -Spalte 7, Zeile 51 Spalte 9, Zeile 55 - Zeile 61; Abbildungen 8,9D,9E	1,3
X	EP 0 298 651 A (THORN EMI ELECTRONICS LTD) 11. Januar 1989 (1989-01-11) Spalte 3; Zeile 29 -Spalte 4, Zeile 27; Abbildung 3	1,3
-/-		
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen         </div> <div> <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie         </div> </div>		
<div style="display: flex;"> <div style="flex: 1;"> <p>* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :</p> <p>*A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist</p> <p>*E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</p> <p>*L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)</p> <p>*O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht</p> <p>*P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist</p> </div> <div style="flex: 1;"> <p>*T* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist</p> <p>*X* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden</p> <p>*Y* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist</p> <p>*Z* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist</p> </div> </div>		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche 19. Januar 2001		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 02/02/2001
Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3018		Bevollmächtigter Bediensteter Springer, O

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/DE 00/02829

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 5 796 002 A (LAYTON MICHAEL R) 18. August 1998 (1998-08-18) Spalte 4, Zeile 3 -Spalte 9, Zeile 17; Abbildungen 2,4,5 ----	1
A	US 5 691 472 A (PETRI FRED J) 25. November 1997 (1997-11-25) Spalte 4, Zeile 65 -Spalte 8, Zeile 57; Abbildungen 11,12 ----	1,3
A	WO 97 45699 A (UNIV CALIFORNIA) 4. Dezember 1997 (1997-12-04) Seite 14, Zeile 10 -Seite 15, Zeile 6 Seite 18, Zeile 11 -Seite 23, Zeile 25 Seite 29, Zeile 13 -Seite 45, Zeile 20; Abbildungen 2,7A-C,9,13,14,15,17A -----	1-3

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 00/02829

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5481914 A	09-01-1996	US 5703292 A	30-12-1997
		US 5600064 A	04-02-1997
		US 5672949 A	30-09-1997
		US 5604309 A	18-02-1997
		US 5608351 A	04-03-1997
US 4951508 A	28-08-1990	CA 1250458 A	28-02-1989
		DE 3472159 D	21-07-1988
		EP 0141621 A	15-05-1985
		JP 1808273 C	10-12-1993
		JP 5018044 B	10-03-1993
		JP 60166818 A	30-08-1985
EP 0298651 A	11-01-1989	JP 1031015 A	01-02-1989
		JP 2644833 B	25-08-1997
		US 4898032 A	06-02-1990
US 5796002 A	18-08-1998	US 6003373 A	21-12-1999
US 5691472 A	25-11-1997	GB 2301670 A,B	11-12-1996
WO 9745699 A	04-12-1997	US 5992233 A	30-11-1999
		AU 3474497 A	05-01-1998
		EP 0902876 A	24-03-1999
		US 6067858 A	30-05-2000